

## Cross Winds Effect Analysis on Aerodynamic Characteristic of Jakarta-Bandung Rapid Train using CFD

Tony Suryo Utomo<sup>1,\*</sup>, Syaiful<sup>1</sup> dan Zanuar Sunu Pratama<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Laboratorium Thermofluida, Departemen Teknik Mesin, Universitas Diponegoro - Semarang

<sup>2</sup>Departemen Teknik Mesin, Universitas Diponegoro - Semarang

\*Korespondensi: msktonysu@yahoo.co.id

**Abstract.** Along with the development of land transportation technology, the Government of Indonesia plans to build a fast train line from Jakarta to Bandung. The fast train can travel at 350 km/h. At high speed, train aerodynamics plays a very important role, especially in some critical trajectory conditions such as bend paths, bridge crossings and rocky nature conditions. In addition, cross winds also have a very significant effect on the aerodynamic phenomena of trains. In this research, the effect of cross winds on aerodinamika train characteristics is drag and lift style. Analysts performed with Computational Fluid Dynamics (CFD) simulation method by varying the angle of wind direction at 30° and 40°. The simulation was performed using a k-ε RNG turbulent model on a computational domain measuring approximately 2 million cells. Simulation results show that the greater the angle of the wind cross winds will cause a greater resistance force ( $F_D$ ) and produce a vortex (wake) is increasingly large and inversely proportional to the lift ( $F_L$ ). The simulation results also show that high pressure areas occur on the muzzle portion of the train.

**Abstrak.** Seiring perkembangan teknologi transportasi darat, Pemerintah Indonesia berencana membangun jalur kereta cepat dari Jakarta ke Bandung. Kereta cepat tersebut dapat melaju dengan kecepatan mencapai 350 km/jam. Pada kecepatan tinggi, aerodinamika kereta memegang peranan yang sangat penting, terutama pada beberapa kondisi lintasan kritis seperti jalur tikungan, perlintasan jembatan dan kondisi alam yang bertebing. Di samping itu, kondisi angin silang (*cross winds*) juga memberikan pengaruh yang sangat signifikan pada fenomena aerodinamika kereta. Dalam penelitian ini dilakukan analisis pengaruh *cross winds* pada karakteristik aerodinamika kereta yaitu gaya *drag* dan gaya angkat. Analis dilakukan dengan metode simulasi *Computational Fluid Dynamics* (CFD) dengan melakukan variasi sudut arah datangnya angin pada 30° dan 40°. Simulasi dilakukan menggunakan model turbulen *k-ε* RNG pada domain komputasi berukuran sekitar 2 juta sel. Hasil simulasi menunjukkan semakin besar sudut datangnya angin *cross winds* akan menimbulkan gaya tahanan ( $F_D$ ) yang semakin besar dan menghasilkan pusaran (*wake*) yang semakin besar pula dan berbanding terbalik dengan gaya angkatnya ( $F_L$ ). Hasil simulasi juga menunjukkan daerah tekanan tinggi terjadi pada bagian moncong kereta.

**Kata kunci:** aerodinamika, kereta cepat, CFD, cross winds

© 2017. BKSTM-Indonesia. All rights reserved

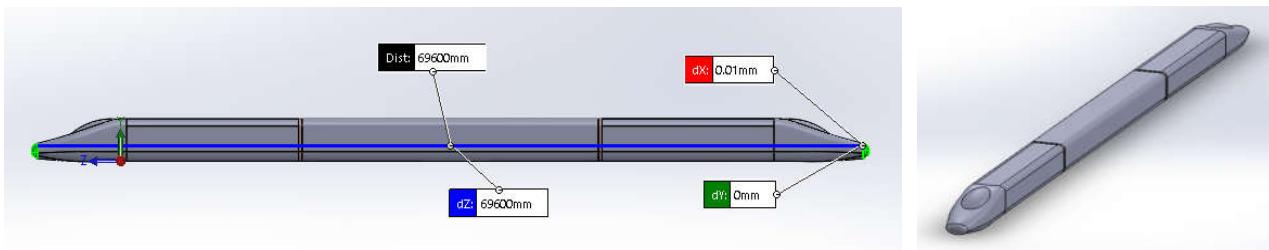
### Pendahuluan

Di era globalisasi sekarang ini, Indonesia melakukan banyak pembentahan untuk meningkatkan pelayanan kepada masyarakat. Salah satu pembentahan yang dilakukan pemerintah adalah bidang transportasi. Transportasi merupakan unsur yang penting dan berfungsi sebagai urat nadi kehidupan dan perkembangan ekonomi, sosial, politik, dan mobilitas penduduk yang tumbuh bersamaan dan mengikuti perkembangan yang terjadi dalam berbagai bidang dan sektor. Sudah menjadi rahasia umum bahwa pertumbuhan masyarakat Indonesia sangat cepat yang tidak sebanding dengan luasnya wilayah Indonesia menimbulkan permasalahan transportasi yang sangat vital. Banyaknya masyarakat yang menggunakan kendaraan pribadi juga kini menjadi penyebab kemacetan yang tidak bisa

diselesaikan dengan cepat. Hal tersebut menyebabkan waktu tempuh dalam perjalanan menjadi semakin lama. Dalam hal ini kereta cepat merupakan solusi yang direncanakan pemerintah untuk mewujudkan transportasi massal yang aman, cepat, dan nyaman. Pemerintah Indonesia telah menggandeng PT Kereta Api Cepat Indonesia China (PT KCIC) yang berencana melakukan pembangunan jalur kereta cepat Jakarta-Bandung dengan panjang jalur 142,3 kilometer, dimulai dari stasiun Halim di Jakarta hingga ke stasiun Tegal Luar di Kabupaten Bandung [1]. Selama kereta cepat menempuh perjalanan dari stasiun awal hingga stasiun akhir tentunya akan mengalami perubahan arah (saat berbelok) karena bentuk yang disesuaikan dengan kondisi wilayah yang dilewati oleh kereta tersebut. Sedangkan kecepatan kereta tersebut bisa mencapai

kecepatan yang sangat tinggi. Oleh sebab itu, maka dilakukan analisis aerodinamika kereta cepat dengan variasi sudut datangnya arah angin meng-

gunakan CFD (*Computational Fluid Dynamics*) yang didasarkan pada kondisi tersebut.



Gambar 1. Desain bodi kereta CRH380A.

Penelitian ini lebih difokuskan pada pengaruh perubahan posisi sudut kereta saat berbelok dengan kecepatan tinggi terhadap fenomena aerodinamikanya. Kecepatan kereta tipe CRH 380A di Beijing-Shanghai mampu mencapai 300 km/h. Pada kondisi kecepatan tinggi, aliran udara disekitar permukaan kereta mengalami perbedaan karakteristik yang berbeda-beda untuk setiap bagian [2]. Kecepatan kereta akan mempengaruhi beberapa hal penting seperti *drag force*, *lift* and *down force*. Gaya – gaya tersebut akan sangat berbahaya jika tidak diimbangi dengan pengetahuan yang lebih mendalam. *Drag force* suatu kendaraan dapat membebani konsumsi bahan bakar karena memiliki sifat menghambat laju kereta. *Lift and down force* dapat menyebabkan kendaraan melayang apabila tidak seimbang saat melaju dengan kecepatan tinggi yang akan membahayakan keselamatan penumpang. Oleh sebab itu, perlu dilakukan analisis simulasi numerik untuk mendapatkan hasil yang akurat.

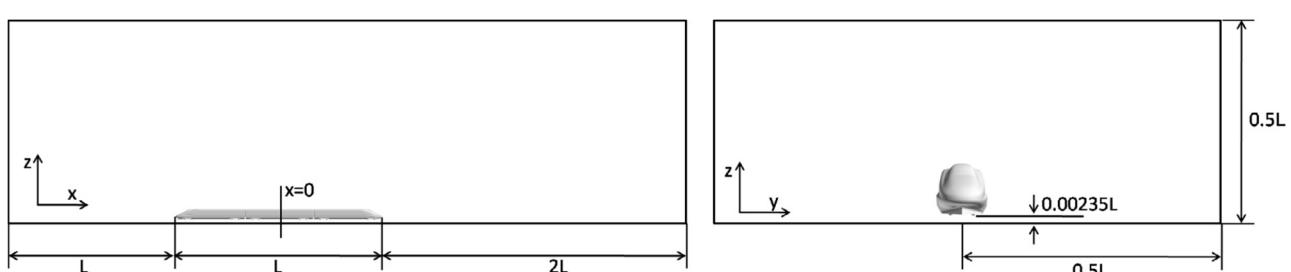
Ketika kereta berbelok dengan kecepatan tinggi akan menghasilkan gaya *drag*. Gaya *drag* tersebut ketika berlebihan akan menghasilkan risiko yang besar seperti misal terjadinya kecelakaan kereta berupa kereta terguling dan sebagainya. Maka dari itu, dengan analisis yang dilakukan diharapkan dapat digunakan sebagai pedoman atau acuan untuk mengantisipasi risiko tersebut. Selain untuk mengetahui gaya *drag*, analisa ini juga digunakan untuk mengetahui fenomena aerodinamika di sekitaran kereta sehingga dapat menentukan desain terbaik untuk meminimalisasi risiko yang dapat terjadi.

Penelitian ini bertujuan untuk melakukan simulasi numerik kereta cepat tipe CRH 380A guna mengetahui pengaruh perubahan kecepatan kereta terhadap fenomena aerodinamika yang terjadi menggunakan software CFD. Dalam hal ini hasil simulasi CFD digunakan sebagai prediksi awal sebelum dilakukan pengujian eksperimen yang sebenarnya. Hal ini disebabkan oleh adanya kemudahan dalam melakukan berbagai variasi model yang akan diuji jika dibandingkan dengan metode pengujian konvensional (eksperimen).

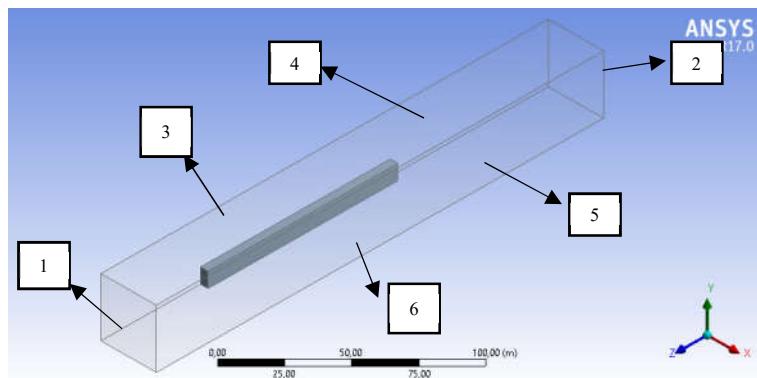
## Metode Penelitian

Model geometri kereta CRH 380A yang dipakai sebagai objek penelitian diambil dari jurnal internasional yang pernah membahas mengenai kereta tersebut [2]. Adapun gambar pemodelan kereta adalah sebagaimana ditunjukkan oleh gambar 1.

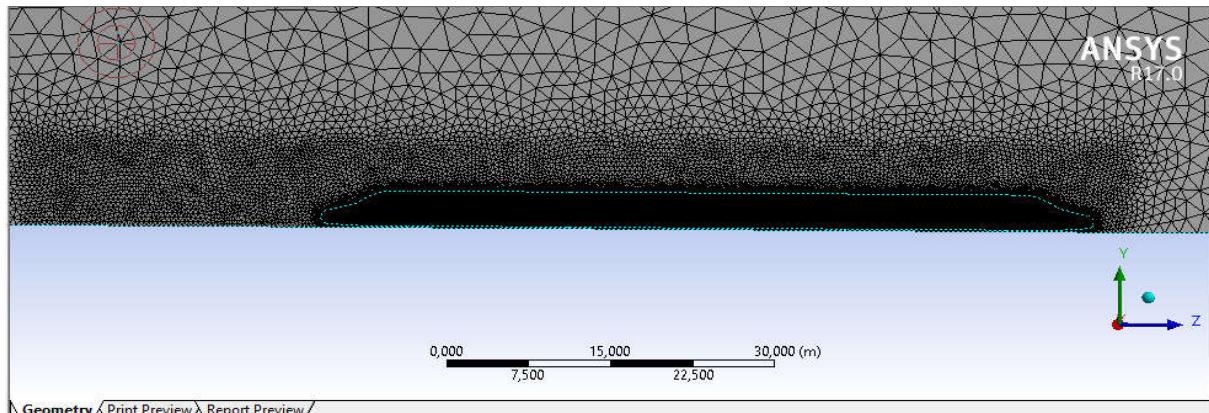
Geometri tersebut disimulasikan dengan domain komputasi sebagaimana diperlihatkan pada gambar 2 dimana  $L$  adalah panjang total kereta 47,5 m. Simulasi dilakukan dengan melakukan variasi sudut arah datangnya angin ( $\alpha$ ) yaitu  $30^\circ$  dan  $40^\circ$  dengan kecepatan 350 km/jam pada kereta CRH 380A. Simulasi yang dilakukan adalah kereta yang berada pada terowongan angin akan dikenai angin yang diatur dengan kecepatan tertentu dengan sudut datangnya angin sesuai dengan variasi yang diberikan. Gambar 3 menerangkan kondisi batas pada simulasi ini. Kondisi batas 1 adalah *velocity inlet*, kondisi batas 2 adalah *pressure outlet*.



Gambar 2. Domain komputasi yang digunakan [2].



Gambar 3. Kondisi batas simulasi



Gambar 4. Hasil penggenerasian mesh kereta

Untuk alasan efisiensi proses komputasi, kereta dimodelkan setengah bagian saja dengan menerapkan kondisi batas *symmetry* pada kondisi batas 3. Sisi samping (kondisi batas 5) dan atas (kondisi batas 4) kereta juga didefinisikan sebagai *symmetry* untuk memodelkan kondisi aliran *free stream*. Sedangkan kondisi batas 6 dimodelkan sebagai *wall*.

Penggenerasian *mesh* dilakukan secara bertahap yaitu membuat *mesh* pada keseluruhan volume *wind tunnel* yang telah digabungkan menjadi volume dengan bodi kereta. Selanjutnya adalah merapatan *mesh* di dinding bodi kereta. Kemudian membuat geometri kotak yang baru pada *design modeller* untuk dilakukan proses *mesh* yang lebih rapat disekitar kereta. Hal ini dilakukan untuk meningkatkan keakuratan perhitungan pada jenis aliran turbulen. Gambar 4 merupakan hasil dari penggenerasian *mesh* dengan jumlah sel sekitar 2 juta dan nilai *skewness* 0,23. Selanjutnya simulasi dilakukan dengan menggunakan model turbulen *k-epsilon* (*k-epsilon*) *RNG* dengan perlakuan dekat dinding menggunakan *standard wall function*.

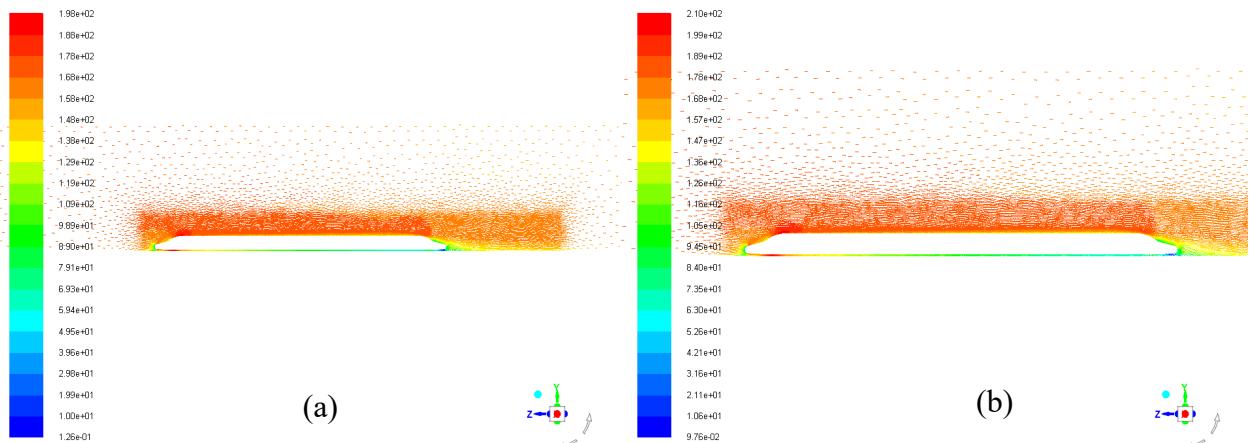
## Hasil dan Pembahasan

Tabel 1 menunjukkan data-data hasil simulasi (*drag* dan *lift*) kereta CRH380A dengan variasi sudut datangnya arah angin  $30^\circ$  dan  $40^\circ$  masing-masing pada kecepatan 350 km/jam. Dari tabel tersebut dapat diketahui bahwa gaya *drag* semakin tinggi seiring dengan meningkatnya sudut datangnya arah angin. Hal yang serupa juga terjadi pada gaya *lift*. Hal ini disebabkan karena pada sudut datangnya arah angin yang semakin besar berakibat pada semakin luasnya bidang permukaan bodi kereta yang terpapar aliran udara sehingga menghasilkan hambatan udara yang semakin besar pula.

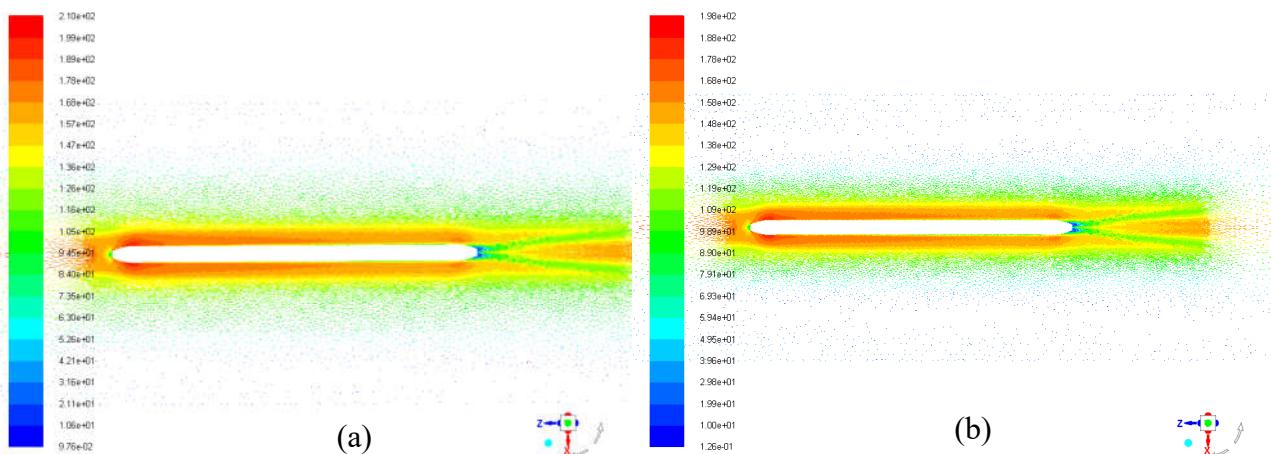
Disamping itu, dari Tabel 1 juga dapat diketahui bahwa nilai gaya *lift* memiliki nilai yang lebih kecil dibandingkan dengan berat dari kereta CRH380A. Hal ini menunjukkan bahwa desain kereta CRH380A sudah memenuhi persyaratan agar tidak menimbulkan resiko melayangnya kereta ketika melaju dengan kecepatan tinggi.

Tabel 1. Nilai *drag* ( $F_D$ ) dan *lift* ( $F_L$ ) terhadap variasi sudut datangnya arah angin

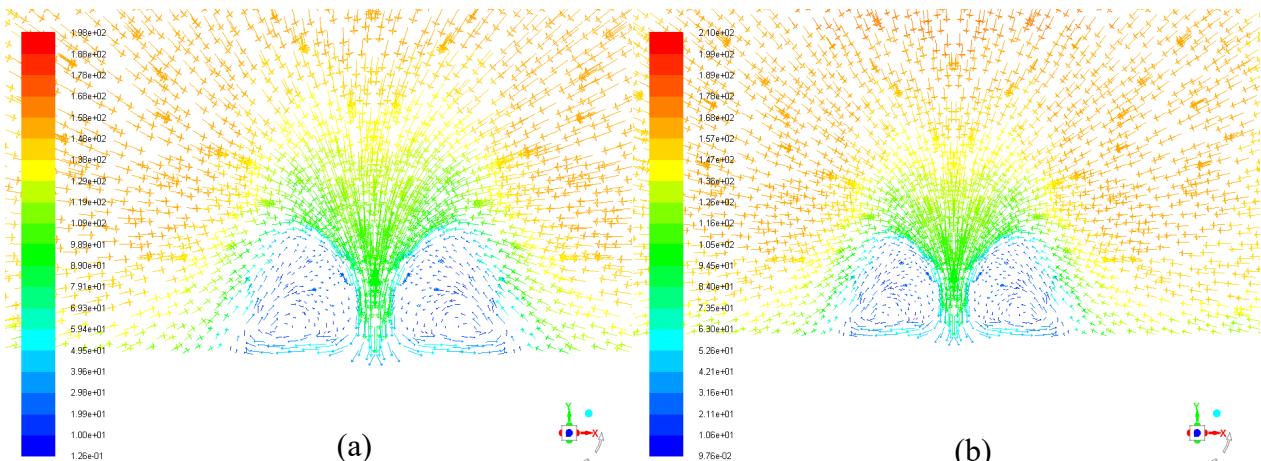
No	$\alpha$ ( $^\circ$ )	$C_D$	$F_D$ (kN)	$C_L$	$F_L$ (kN)	Berat kereta CRH380A (kN)
1	30	0,206	157,787	0,219	321,709	1499,4
2	40	0,305	296,017	0,353	518,070	



**Gambar 5.** Vektor kecepatan udara disekitar kereta tampak samping (a) sudut  $30^\circ$  dan (b) sudut  $40^\circ$



**Gambar 6.** Vektor kecepatan udara disekitar kereta tampak atas (a) sudut  $30^\circ$  dan (b) sudut  $40^\circ$



**Gambar 7.** Vortex longitudinal yang terbentuk di belakang kereta (a) sudut  $30^\circ$  dan (b) sudut  $40^\circ$

Gambar 5 menampilkan vektor kecepatan aliran udara di sekitar kereta tampak samping. Tampak adanya pusaran aliran pada bagian bawah di belakang kereta pada kedua variasi sudut datangnya arah angin. Namun demikian, pusaran yang muncul pada variasi sudut  $40^\circ$  tampak lebih besar jika

dibandingkan dengan pusaran yang terjadi pada variasi sudut  $30^\circ$ . Pusaran aliran yang lebih besar mengindikasikan terjadinya perubahan momentum yang lebih besar pula sehingga berkontribusi besar pula sehingga berkontribusi pada tingginya *drag* dan *lift* pada sudut  $40^\circ$ .

Gambar 6 memperlihatkan vektor kecepatan aliran udara di sekeliling kereta dilihat dari atas kereta. Tampak adanya daerah kecepatan rendah tepat di belakang bodi kereta. Daerah kecepatan rendah tersebut mengakibatkan terjadinya pusaran aliran atau vorteks di belakang kereta. Adanya vorteks di belakang kereta mengindikasikan adanya fenomena separasi aliran di belakang kereta yang berpengaruh pada *drag* yang terjadi pada kereta. Dari gambar tersebut tampak bahwa pusaran aliran udara pada sudut  $40^\circ$  lebih besar dari pada sudut  $30^\circ$ . Fenomena ini mengakibatkan *drag* yang terjadi pada sudut  $40^\circ$  lebih besar dari pada sudut  $30^\circ$  sebagaimana ditampilkan pada Tabel 1. Jika dilihat dari sisi belakang kereta, tampak secara jelas adanya pusaran aliran udara (vorteks) longitudinal sebagaimana diperlihatkan pada Gambar 7.

## Kesimpulan

Dari hasil simulasi dan pembahasan di atas dapat disimpulkan bahwa semakin besar sudut datangnya arah angin menghasilkan *drag* dan *lift* yang semakin besar. Hal ini disebabkan oleh karena pada sudut yang lebih besar luas permukaan kereta yang terkena aliran udara juga lebih besar sehingga mengakibatkan pusaran aliran udara yang terjadi di belakang kereta juga lebih besar. *Lift* yang terjadi pada kereta yang melaju pada kecepatan 350 km/jam masih lebih kecil dari berat kereta sehingga kereta aman melaju pada kecepatan tersebut pada kedua variasi sudut datangnya arah angin.

Hasil penelitian ini juga memberikan informasi bahwa nilai koefisien *drag* ( $C_D$ ) dan koefisien *lift* ( $C_L$ ) berbanding lurus dengan *drag* dan *lift* yang terjadi pada kereta. Pada sudut yang semakin besar nilai  $C_D$  dan  $C_L$  juga semakin besar.

## Referensi

- [1] Lubis, U., 2016. 10 hal yang perlu diketahui tentang Kereta Api Cepat Jakarta-Bandung, [www.rappler.com](http://www.rappler.com).
- [2] Shuanbao, Y. dkk., 2014. Optimization Design for Aerodynamic Elements of High Speed Trains, Computers & Fluids Vol. 95 Hal. 56-73.